

Mission auprès du Tropical Soil Biology Fertility (TSBF-CIAT) - Nairobi 20 au 27/05/04

Compte rendu de mission
JP Bouillet – D Lesueur 27/05/04

Liminaire

Le présent rapport ne fait apparaître que les points saillants de la mission. Ce document a pour objectif premier d'éclairer la direction du département forestier du CIRAD sur la pertinence du draft du « specific protocol of agreement » établi durant la mission (cf annexe 2). En effet, il est important que le protocole soit signé le plus rapidement possible tant pour des raisons administratives (mobilisation des fonds alloués par le TSBF au fonctionnement de D Lesueur, lancement de la commande du véhicule par le TSBF, obtention du permis de travail,...) que politiques (réactivité du CIRAD soulignant l'intérêt stratégique d'une coopération avec le TSBF). En pratique le directeur du TSBF désirerait que l'accord, signé par le CIRAD, puisse lui être envoyé au cours de la semaine du 31/05 au 4/06/04 afin qu'il puisse en faire état lors de la réunion du board du TSBF (6 au 8/06/04) et mettre en route les procédures administratives.

Objectif de la mission

La DG Cirad s'est engagée à prendre en charge le supplément d'expatriation lié au placement de D Lesueur au TSBF, pour la période s'étendant de septembre 2004 à fin 2005. La mission avait pour objectif principal de rencontrer les responsables du TSBF, et en premier lieu son directeur Dr N Sanginga, pour discuter des modalités d'insertion de D Lesueur (programme de travail, prise en charge du fonctionnement,...). Cette mission a été également l'occasion de rencontrer des chercheurs et responsables d'organismes travaillant sur la problématique agro-forestière au Kenya (CIRAD, IRD, ICRAF, KEFRI) ou susceptibles de financer des actions dans ce domaine (SCAC – Ambassade de France).

TSBF

Programmes de recherche

Comme le montre la présentation du schéma stratégique du TSBF (cf annexe 3) le travail du TSBF s'est concentré entre 1984 – date de sa création - et 2000 sur la mise au point de méthodes d'analyse des sols tropicaux, la caractérisation de la qualité de la matière organique (N, phénols,...) et la synchronie entre les besoins de la plante et la libération des éléments nutritifs par minéralisation. Ces travaux ont abouti à l'élaboration d'un « decision support system » permettant, en fonction de la qualité des apports de matière organique de préconiser leur utilisation dans les systèmes de culture (fertilisant, protection contre l'érosion, ...). En 2000, un audit scientifique a conforté le TSBF dans la nécessité de continuer à travailler sur la fertilité biologique des sols mais a demandé d'infléchir les recherches dans le sens d'une meilleure compréhension des relations sol-plante, de la prise en compte des facteurs socio-économiques et de la demande des marchés. Cette nouvelle stratégie doit conduire à un plus fort impact des recherches sur le développement.

Insertion de D Lesueur

Intérêt pour le CIRAD

Le programme de travail du TSBF est parfaitement cohérent avec celui de l'UPR 80 sur le fonctionnement microbiologique des sols (mis en annexe du « protocol of agreement »), en particulier dans le domaine des bio-indicateurs de fertilité des sols. Le placement de D

Lesueur au TSBF permet de développer ce programme par l'accès à des moyens de laboratoire, à du fonctionnement conséquent (60 000 US \$ sur le « core » budget du TSBF d'ici fin 2005) et à des expérimentations au champ suivies de manière fiable. D Lesueur pourra également intégrer des projets en cours (exemple du Below Ground BioDiversity pour les bio-indicateurs) et bénéficier des moyens y afférant. Il permet également de profiter des dynamiques en cours pour le montage de projets. Enfin il permet de renforcer la visibilité internationale de l'UR 80 en particulier et du CIRAD en général dans le domaine de l'agroforesterie (en parallèle avec le développement de projets communs avec l'ICRAF) et du fonctionnement biologique des sols.

Intérêt pour le TSBF

Le positionnement de Didier Lesueur contribuera à répondre à la demande du conseil scientifique et du board du TSBF de développer des recherches en microbiologie des sols : *« A soil microbiologist is needed to provide leadership for TSBF research activities in this area which include such topics as microsymbiont biology, decomposition biology, and microbial diversity and prospecting »* : in TSBF annual report 2003, executive summary, p15). Par ailleurs il va permettre au TSBF de travailler plus intensément en Afrique sur les systèmes agroforestiers et forestiers. Ainsi le TSBF se montre *a priori* très intéressé par la gestion durable des gommères (proposition d'un projet INCO en septembre 2004 dans lequel le CIRAD sera impliqué) mais également par la mise au point de systèmes de production de biomasse ligneuses dans les zones sèches du Kenya. Le positionnement de D Lesueur permettra également de conforter les relations avec les institutions de recherche française (demande faite par un des membres du board) et de permettre d'accéder aux ressources mises à disposition des CGIAR par la France.

Pérennisation du positionnement de D Lesueur

Le TSBF est parfaitement conscient que la pérennité de l'affectation passe par le montage d'un projet permettant la prise en charge d'une part significative de son salaire. Le TSBF montre un très fort dynamisme pour le montage et le financement de projets (actuellement 21 projets sont financés et 18 soumis). Le TSBF présente également l'avantage d'avoir accès à des fonds prioritairement alloués au CGIAR (Rockefeller Foundation,...).

Autres organismes

ICRAF

Le positionnement du TSBF au sein de l'ICRAF devrait conduire, d'une manière naturelle, à l'établissement de collaborations avec ce dernier organisme. Déjà D Lesueur devrait pouvoir intervenir, dans le Western Kenya, sur des essais comparant des cultures sans jachère avec des cultures avec jachère naturelle et jachères améliorées, ces dernières permettant une forte production de biomasse ligneuse et étant ainsi susceptibles d'apporter une réponse à la très forte demande en bois énergie. Ces essais ont été mis en place en 1999 et suivis très régulièrement ensuite dans le cadre du projet INCO-Impala dont A Albrecht (IRD) a été coordinateur (fin du projet : avril 2004).

Par ailleurs D Lesueur devrait pouvoir travailler avec L Verchot sur la mise au point d'indicateurs de fertilité des sols sur des chronoséquences de cultures allant de 0 à 100 ans depuis l'exploitation de la forêt naturelle.

KEFRI

Les collaborations avec cet organisme sont réelles et anciennes puisqu'il a déjà participé au projet « *Calliandra* - Biodiversité » (1997-2001), « *SAFSYS* » (2002-2005), et

« FOREAIM » (2004-2007). D'autres projets devraient pouvoir être montés, en particulier dans le cadre de la fourniture de bois de chauffe dans les régions sèches, priorité du gouvernement kenyan. Par ailleurs son statut de NARS lui permet d'accéder à des financements de la coopération française (bourse d'étudiants,...).

CIRAD

Le Cirad-CP a indiqué officiellement à F Pinard (phytopathologiste café) sa volonté de voir monter au Kenya un projet équivalent à CASCA en Amérique centrale.

IRD

Même si A Albrecht quitte le Kenya en juillet 2004, l'UR Seq-Bio de l'IRD (réunion des précédentes UR Seq-C et Ibis) devrait continuer à être impliquée significativement dans la gestion de la fertilité des sols au Kenya. En effet des missions de JL Chotte et Komi Assigbatse sont prévues en 2004-2005 qui pourraient aboutir, à moyen terme, au placement d'un chercheur de l'IRD auprès du TSBF.

Annexe 1 - Calendrier de mission

Jeudi 20/05/04. Trajet Paris – Londres - Nairobi (arrivée 07h30 le 21/05/04). Départ Montpellier de JP Bouillet (13h00). Départ Dakar de D Lesueur (23h00 le 19/05/04).

Vendredi 21/05/04. 10h00 – 18h00 Visite des essais SAFSYS à Embu, avec D Odee (KEFRI). Visite d'une exploitation agricole dans la zone du projet. 18h00-19h30 Travail sur la finalisation du programme de recherche sur le fonctionnement microbiologique des sols de l'UPR 80.

Samedi 22/05/04. Matinée : travail sur la finalisation du programme de recherche sur le fonctionnement microbiologique des sols de l'UPR 80. Après-midi : tournée avec B Le Rü (IRD/ICIPE) dans la zone Nord de Nairobi (visite des zones à caféiers et à théiers). Dîner avec B Le Rü.

Dimanche 23/05/04. Finalisation du programme de recherche sur le fonctionnement microbiologique des sols de l'UPR 80. Visite des laboratoires et serres du KEFRI avec D Odee. Dîner avec B Toutain (Cirad-EMVT)

Lundi 24/05/04.

8h30 – 12h30. Discussions avec N Sanginga : présentation des programmes de recherches du TSBF. Présentation de la démarche scientifique et du programme de recherche sur le fonctionnement microbiologique des sols de l'UPR 80. Discussions sur le contenu du protocol of agreement. 12h30 – 14h00. Déjeuner avec l'équipe du TSBF. 14h00 – 16h30. Discussions avec les chercheurs du TSBF. 17h00 – 19h00. Travail à l'hôtel (préparation de l'exposé de D Lesueur / préparation du draft du protocol agreement.

Mardi 25/05/04.

9h00 – 11h30. Exposé de D Lesueur des résultats des recherches menées au Sénégal. Présentation du programme de recherche sur le fonctionnement microbiologique des sols de l'UPR 80. Discussions avec les chercheurs du TSBF. 11h30 – 14h30. Discussion avec A Albrecht (IRD) et L Verchot des pistes de collaboration avec l'ICRAF. 16h30 – 17h30. Rendez vous au SCAC de l'Ambassade de France avec F Humbert. Dîner avec A Albrecht

Mercredi 26/05/04.

9h00 – 12h00. Discussions au KEFRI avec D Odee et J Machua sur les possibilités de coopération scientifique et le montage de projets. Rencontre avec Dr Konuchè, directeur KEFRI. 12h30 - 13h30. Wrap up meeting avec N Sanginga. Finalisation du draft de protocol agreement. 13h30 – 16h00. Visite des laboratoires ICRAF, et discussions avec A Albrecht et L Verchot. 16h30 – 19h00. Rédaction du rapport de mission. 22h45. Départ de Nairobi

Jeudi 27/05/04

14h45 Arrivée Montpellier JP Bouillet

Vendredi 28/05/04

Trajet Roissy-Dakar D Lesueur. Arrivée à 20h00

Annexe 2 - Liste des principales personnes rencontrées

- Dr N Sanginga, directeur, TSBF-CIAT
- Dr Joshua Ramish, anthropologiste, TSBF-CIAT
- Dr Edgar Amezquita, soil scientist, TSBF-CIAT (Colombie)
- Dr Miguel Ayarza, agronome, TSBF-CIAT (Colombie)
- A Muriuki, soil scientist, TSBF
- Dr Peter Okoth, land use specialist, TSBF-CIAT
- Dr Konuche. directeur KEFRI
- Bernard Kigomo, Deputy director KEFRI
- Dr David Odee, responsable du laboratoire biotechnologie, KEFRI
- Joseph Machua, biotechnologiste, KEFRI
- Dr Alain Albrecht, représentant de l'IRD, responsable du projet Impala à l'ICRAF
- Dr Louis Verchot, senior research officer à l'ICRAF,
- François Humbert, responsable SCAC de l'ambassade de France à Nairobi
- Dr François Pinard, chercheur Cirad-Emvt à l'ICRAF (contact téléphonique)
- Dr Bernard Toutain, chercheur Cirad-Emvt

Annexe 3

**Proposition de protocol agreement entre le Cirad et le TSBF
Relatif à l'affectation de D Lesueur**

The Forestry Department of the
Centre de Coopération
Internationale en
Recherche Agronomique pour
le Développement
(CIRAD-Forêt).

Tropical Soil Biology and
Fertility Institute of the
International Center for
Tropical Agriculture
(TSBF-CIAT).

SPECIFIC PROTOCOL OF AGREEMENT

BETWEEN

CIRAD-Forêt, the forestry department of the Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) - a French state-owned research organisation specialised in agricultural, forestry and veterinary development and research in the tropics and subtropics - with headquarters in France, Montpellier, represented by its Director Jacques Valeix, and hereafter referred to as CIRAD-Forêt.

AND

The Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Center for Tropical Agriculture (TSBF-CIAT), an International Centre of the Consultative Group on International Agriculture Research (CGIAR) with headquarters at Nairobi, Kenya, represented by its Director Dr. Nteranya Sanginga and its Director General Dr. Joachim Voss hereafter referred to as TSBF-CIAT.

WHICH

refers to the General Agreement of Cooperation signed between French research institutions such as CIRAD and TSBF-CIAT.

WHEREAS

Both CIRAD and TSBF-CIAT are interested in research on sustainable agricultural systems to solve critical poverty alteration and sustainable environmental problems in the tropics.

CIRAD-Forêt is currently developing a research program on the soil microbial functioning in tropical perennial ecosystems (see annex 1).

THEREFORE, the above-mentioned parties HAVE AGREED AS FOLLOWS:

Article 1

CIRAD-Forêt agrees to post Dr. Didier Lesueur, senior scientist at CIRAD-Forêt from the 1st day of September 2004 to 31st day of December 2005 to TSBF-CIAT in Nairobi to work in the Integrated Soil Fertility Management in the tropics and land degradation profitability. This period will be extended depending on Dr. Didier Lesueur to attract new project funding. He will be responsible for a research theme dealing with soil microbiology through agroforestry and its implications for soil biological properties within the framework of the above TSBF-CIAT Research Program.

According to research program presented in annex 1, the project will include the following items:

- Investigation of the role of soil microbial communities in nutrient recycling in agro forestry systems such as *Acacia Senegal* and other Multipurpose Tree Systems.
- Characterization and function determination of below ground micro organism in especially those responsible for Biological Nitrogen Fixing in support of BGBD GEF project
- Development and transfer of techniques for soil microbial communities studies: MPN, ELISA, PCR-RFLP, DGGE, Biolog.
- Strengthen the capacity building and training of MSc. and PhD students in areas of soil microbiology and especially BNF grain and herbaceous legumes.

Article 2

The supervisor of Dr. Lesueur at CIRAD-Forêt will be Dr Jean-Pierre Bouillet, head of the "Functioning and Management of Tropical Perennial Ecosystems" research unit while he will as other scientific officers' report in TSBF-CIAT and be evaluated by Dr. N. Sanginga, the Director of TSBF-CIAT.

Article 3

According to the available means as approved by CIAT management in the framework of this program to work and budget, TSBF-CIAT agrees to provide operational and administrative funding to amounting to US\$ 30, 000 in 2004 and US\$ 30, 000 in 2005, for this research project as a component for the above mentioned program. Funding in 2004, US\$ 22.500 will be used to purchase a vehicle for field and the remaining for operational purposes

Article 4

CIAT agrees to make available to Dr. Lesueur adequate project support services in order to undertake the above mentioned research, including office space, field assistance, secretarial and administrative support, and to provide access to field and laboratory facilities appropriate to the furtherance of the research program.

Article 5

The 16 months of Dr. Lesueur will be allocated as follows: 13 months for the current agreement, 1 month for CIRAD activities and 2 months for vacation.

Article 6

CIAT will facilitate Dr. Lesueur stay in Kenya and will handle the necessary formalities for the extension of residence visas, exit and re-entry visas, authorisation

for field research, custom clearing for scientific material and usual other provisions for CIAT's international staff in Kenya.

Article 7

CIAT will handle the necessary administration formalities for those students and scientists visiting and contributing to the joint CIRAD-Forêt - CIAT research project whose involvement is mutually agreed.

Article 8

Cirad-forêt is liable with regard to the remuneration and social costs of Dr Lesueur the assigned scientist, insuring him against risk of disease, accident, invalidity or death, in accordance with its own regulations

Article 9

CIRAD will provide for transport costs of Dr. Lesueur and his family to Nairobi, at the beginning and termination of this assignment and for this administrative leaves, in accordance with its actual regulations.

Article 10

The research output coming out from this protocol of agreement will be the common ownership of TSBF-CIAT and CIRAD-Forêt. Their possible economic valorisation will be decided through specific agreements between both parities.

Publications resulting from research carried out under the present agreement will mention "this work was conducted under a scientific agreement between TSBF-CIAT and CIRAD (France). In TSBF-CIAT publications, Dr. Lesueur will be designated as "Senior Soil Scientist of CIRAD, seconded to TSBF-CIAT."

Article 11

Any amendment which could help to run the project will have to be agreed upon by the parties.

If any major difficulty, which could appear with regard to the understanding or carrying out of this protocol of agreement that cannot be settled on a friendly basis, it will be arbitrated by college of three referees, one being chosen by CIRAD-Forêt, another by TSBF-CIAT and the third one by the former referees.

Article 12

This agreement will become effective after both parties have signed it and will be in force beginning on 1st day of September 2004. Three months before the expiration of the agreement, TSBF-CIAT and CIRAD will examine the feasibility of renewing it.

Nairobi, Kenya

Cali, Colombia

**NTERANYA. SANGINGA
TSBF-CIAT DIRECTOR**

**JOACHIM VOSS
CIAT DIRECTOR GENERAL**

Montpellier, France

**JACQUES VALEIX
CIRAD-Forêt DIRECTOR**

Annexe 1

**Research Programm on
the soil microbial functioning in tropical perennial ecosystems**

carried out by

CIRAD Research Unit N° 80

**« Fonctionnement et Pilotage des Ecosystèmes Tropicaux Plantés
– Plantations forestières, agroforêts et cultures pérennes »**

Programme de recherches sur le fonctionnement microbiologique des sols

au sein de l'Unité Propre de Recherche Cirad N°80 « Fonctionnement et Pilotage des Ecosystèmes Tropicaux Plantés – Plantations forestières, agroforêts et cultures pérennes »

Problématique

Le sol est le siège de processus fondamentaux pour le bon fonctionnement des cycles biogéochimiques, qui assurent la cohésion et la structuration des écosystèmes en ses différentes composantes. Ces cycles jouent un rôle clé à la fois dans le domaine de la production végétale et de l'impact environnemental des systèmes de culture. La connaissance des déterminants de l'intensité de ces cycles est donc essentielle. L'UPR se focalisera sur le fonctionnement des communautés microbiennes impliquées dans les flux de deux éléments majeurs pour la production végétale : le carbone qui représente une source d'énergie pour les microorganismes et l'azote, souvent le principal facteur limitant nutritif de la production. Ce choix semble d'autant plus fondé que les travaux menés par l'UPR concernent en priorité les systèmes à faibles intrants pour lesquels les voies biologiques de gestion de la fertilité des sols sont essentielles. Les travaux porteront sur i) les communautés microbiennes saprophytes qui permettent la décomposition de la matière organique et ii) les communautés symbiotiques qui utilisent les métabolites carbonés de la plante hôte pour leur propre métabolisme et fournissent en échange des nutriments nécessaires à la croissance de la plante¹.

Il faut souligner que les flux de C et N dans le sol sont susceptibles de différer significativement selon l'agro-écosystème ou les pratiques culturales qui influencent directement la température et l'humidité du sol, la quantité des apports organiques – par retombées de litière aérienne ou racinaire et rhizodéposition – mais aussi leur qualité. Or la minéralisation des résidus est fonction de leurs qualités biochimiques intrinsèques. Ainsi les résidus riches en N et pauvres en lignine et polyphénols minéralisent-ils rapidement et fournissent une large quantité de nutriments durant les étapes initiales de la croissance des plantes. Cet N minéral pourrait par contre ne pas participer à la stabilisation de MO du sol, puisque susceptible d'être lessivé. A l'opposé lorsque les résidus contiennent une forte teneur en lignine ou en polyphénols, il apparaît une immobilisation significative du N minéral par les microorganismes du sol (Fox et al., 1990 ; Palm and Sanchez, 1991 ; Handayanto et al., 1995 ; Sall et al., 2003). Plusieurs travaux ont montré que la combinaison de résidus de différentes qualités biochimiques modifie l'évolution de N minéral dans le sol (Myers et al., 1994 ; Quemada et Cabrera, 1995 ; Handayanto et al., 1997 ; Kuo and Sainju, 1998 ; Båth, 2000).

¹ Les travaux porteront non seulement sur les micro-organismes symbiotiques fixateurs d'azote (Rhizobium, Frankia), mais également sur les mycorhizes. Celles-ci ne sont pas directement impliquées dans la fixation de l'azote mais par leur rôle dans l'alimentation hydrique ou en phosphore de la plante hôte elles favorisent cette fixation et plus généralement participent à la croissance de la plante.

Question de recherche

La question structurant les recherches en microbiologie de l'UPR peut être exprimée ainsi : *quels sont les déterminants du fonctionnement des communautés microbiennes du sol impliqués dans les cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote, et comment les piloter pour assurer la durabilité des systèmes de culture tropicaux pérennes ?*

Hypothèse de recherche

L'hypothèse de recherche retenue est que *les espèces ligneuses choisies et les pratiques culturales peuvent voir un impact majeur sur la diversité et le fonctionnement des communautés microbiennes.*

Objectifs

L'**objectif général** de l'UPR est de fournir les bases scientifiques d'une éco-agronomie, nécessitant une évaluation précise de l'impact environnemental des systèmes de cultures.

Les objectifs spécifiques des recherches en microbiologie sont les suivants.

- Quantifier l'impact des espèces ligneuses, légumineuses ou non légumineuses, et des pratiques culturales (modification des conditions environnementales et des apports organiques) sur la diversité et l'activité des communautés microbiennes intervenant dans les cycles de C et de N
- Quantifier l'impact de la modification du cortège microbien des sols (inoculation de symbiontes et/ou PGPR) sur le fonctionnement des systèmes de culture
- Mettre au point des indicateurs microbiologiques caractérisant le fonctionnement des sols vis-à-vis des cycles de C et de N

En pratique les recherches décrites dans ce document ont pour objectifs, au sein de l'UPR :

- de poursuivre les travaux conduits à l'échelle de la rhizosphère pour approfondir les connaissances scientifiques des modalités de l'établissement des symbioses tant rhizobiennes que mycorrhiziennes
- de développer de nouvelles actions de recherche dédiées à l'étude et à la caractérisation des communautés microbiennes non symbiotiques et tout particulièrement à celles impliquées dans la décomposition des matières organiques.

Approche proposée

Il s'agit de décliner successivement les différentes étapes qui découlent d'une démarche scientifique dont l'objectif est de nous permettre de mieux comprendre les déterminants microbiologiques des flux (C et N) dans un écosystème. Plusieurs de ces étapes sont très complémentaires, voire même parfois très proches, et elles ne pourront pas toutes être prises en charge par les chercheurs de l'UPR qui travailleront dans ce domaine. Mais c'est au travers de collaborations effectives sur des projets communs qu'il sera possible d'acquérir ces compétences supplémentaires et ainsi de mener des études les plus complètes possibles.

Ces étapes sont :

- La détermination de l'abondance et de la diversité des acteurs microbiens qui modifient les flux de C et de N.
- L'estimation des activités potentielles liées à ces flux.
- L'estimation des activités *in situ* liées à ces flux (la différence avec la précédente étape étant que cette fois ci, se sont des activités réelles soumises aux actions de l'environnement, qui sont mesurées alors que les précédentes sont des valeurs potentielles).
- L'estimation de l'impact des entrées de carbone (essentiellement litière et racines) sur les flux étudiés.

Le principe des différentes méthodes utilisables au cours de chacune de ces étapes est décrit en annexe, ainsi que leurs avantages, leurs limites / contraintes et le plus souvent, le protocole expérimental ou la référence bibliographique dans laquelle la méthode est décrite.

Ecosystèmes étudiés

Les écosystèmes étudiés sont (seront) sélectionnés en raison :

- des conditions qu'ils offrent pour remplir tout ou partie des objectifs assignés,
- de leur utilisation par les acteurs du développement
- des pistes d'innovation qu'ils représentent.

Actuellement les travaux portent sur :

- *Le système Calliandra calothyrsus – cultures vivrières au Kenya et au Zimbabwe.* Ce modèle est intéressant pour suivre au cours du temps la persistance de l'inoculum de Rhizobium et d'endomycorhizes au niveau des racines des plantes de *Calliandra calothyrsus*, mais aussi de la rhizosphère avec possibilité de pouvoir être utilisés par les cultures associées aux arbres (maïs et haricot). En termes de développement, l'utilisation des arbres, et tout particulièrement ceux de *Calliandra calothyrsus*, est très répandue dans les zones du Western et du Central Kenya. Si aux termes de cette étude, il pouvait être démontré que non seulement, l'inoculation des arbres en pépinière peut induire un effet positif et durable sur la croissance de la plante, mais qu'en plus, elle permet la nodulation des cultures associées comme le haricot, ce système pourrait servir de modèle pour d'autres types d'associations.

- *La réhabilitation des zones forestières d'altitude dégradées au Kenya, en Ouganda et à Madagascar.* Dans le cadre de ce système, sont ciblées les zones d'altitude recouvertes initialement de forêts primaires qui ont été par la suite détruites par les populations locales afin de disposer de surfaces cultivables plus importantes. Les conséquences de cette déforestation se sont traduites par une érosion très forte des sols et une baisse de leur fertilité, d'où des rendements agricoles très faibles. Travailler sur ce système permet d'identifier des indicateurs microbiologiques de fertilité des sols que nous pourrions suivre sur des parcelles où la régénération d'espèces locales forestières aura été ou non favorisée.

- *Le système Acacia senegal – gomme arabique en zone sahélienne.* L'intérêt qu'offre ce système sahélien est qu'il permet de relier des paramètres liés au fonctionnement microbiologique des sols avec la production de gomme arabique. Des résultats préliminaires ont montré qu'il était possible d'augmenter cette production en inoculant des arbres adultes

avec de l'inoculum de *Rhizobium*. Un des objectifs de cette étude sera de fournir des éléments pour répondre aux questions suivantes : l'effet positif de l'inoculation sur la production de gomme qui a été observé dans certaines zones du Sénégal est-il généralisable à l'ensemble de la zone sahélienne, et dans l'affirmative, est-il dû i) à l'amélioration de la nutrition azotée de l'arbre via la symbiose rhizobienne ou également ii) à une meilleure utilisation des réserves d'azote organique du sol, par une activation des communautés microbiennes hétérotrophes ?

L'étude portera sur la caractérisation des déterminants favorables à la fois à la vigueur de l'arbre et à sa réponse au stress. Elle concernera les déterminants microbiologiques, deux communautés du cycle de l'azote étant ciblées : les rhizobiums et les communautés hétérotrophes

- ***Les systèmes caféiers en Amérique Centrale.*** Ce projet porte sur la durabilité des systèmes agroforestiers à base de caféiers au Costa-Rica, Nicaragua et Guatemala. Les thèmes étudiés sont la physiologie et la qualité du café, les impacts environnementaux et la viabilité économique d'un certain nombre de systèmes de référence (plein soleil, avec arbres d'ombrage d'espèces légumineuse ou non, fortement fertilisés ou non). L'étude des impacts environnementaux porte sur la contamination des nappes phréatiques par les nitrates, les émissions d'oxyde d'azote, la conservation des sols et la séquestration du carbone.

- ***Les systèmes mixte Eucalyptus – Acacias au Congo et au Brésil et palmiers à huile - Pueraria en Indonésie :***

Le projet vise à tester l'impact de la gestion de sous-étage de légumineuses (*Acacia mangium* sous Eucalyptus au Congo et au Brésil, et *Pueraria phaseolides* sous palmiers à huile en Indonésie) sur la croissance de plantations industrielles et les flux d'azote (entrées par fixation symbiotique du N₂ atmosphérique et pertes par dénitrification et drainage profond). Une attention particulière sera portée sur la méthodologie (échantillonnage,...) à mettre en œuvre pour l'estimation de l'entrée d'azote par fixation atmosphérique par les méthodes de marquage et d'abondance isotopique naturelle ¹⁵N. Des mesures potentielles de nitrification dénitrification potentielle et de caractérisation des populations microbiennes associées seront également réalisées.

Insertion des ces travaux dans les Projets en cours.

- ***Le système Calliandra calothyrsus – cultures vivrières au Kenya et au Zimbabwe :*** PROJET INCO DEV SAFSYS « Symbionts in Agroforestry Systems : What are the longterm impacts of inoculation on growth of *Calliandra calothyrsus* and its intercrops ? ». Ce projet financé par la Commission Européenne a débuté en 2001 et est d'une durée de 4 ans

- ***Réhabilitation des zones forestières d'altitude dégradées au Kenya, en Ouganda et à Madagascar :*** PROJET INCO DEV FOREAIM « Bridging restoration and multifunctionality in degraded forest landscape of Eastner Africa and Indian Ocean islands ». Ce projet financé par la Commission Européenne va démarrer en 2004 et sera d'une durée de 4 ans.

- ***Le système Acacia senegal – gomme arabique en zone sahélienne*** PROJET CORAF intitulé Production et gestion des gommaraies plantées au Burkina Faso, au Niger et au Sénégal » a obtenu un financement d'une durée de 3 ans. Il débutera fin 2004.

- ***Le système mixte Caféier – Légumineuses forestières au Costa Rica :*** Projet INCO DEV CASCA « Sustainability of coffee agroforestry systems in Central America, coffee quality and environmental impacts ». Ce projet financé par la Commission Européenne a débuté en 2001 et est d'une durée de 4 ans.

- *Le système mixte Eucalyptus – Acacias australiens au Congo et au Brésil* : ATP CIRAD dont le titre est « Gestion de l'azote en agrosystèmes pérennes à sous-étage de légumineuses ». Ce projet vient de débiter en 2004 et sera d'une durée de 3 ans.

Partenariats principaux

- Unité de Recherche de l'IRD IBIS « Interactions biologiques dans les sols des systèmes anthropisés tropicaux » et Seq C « Séquestration du carbone ».
- Unité Mixte de Recherche (CIRAD/IRD/INRA/ENSAM) « Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes ».
- Unité Mixte de Recherche (INRA/ENSAM) « Rhizosphère et Symbiose ».
- Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF/CIAT)

ANNEXES

**Détails des protocoles expérimentaux
Principes, intérêts et produits attendus**

1. Détermination de l'abondance et de la diversité des acteurs microbiens qui modifient les flux de C et de N

1.1 Abondance

* **Biomasse microbienne totale** : La biomasse microbienne totale est intéressante car bien qu'étant globale, elle fournit une information sur la quantité totale de microorganismes présents dans le sol. Elle peut être déterminée en utilisant plusieurs méthodes. Le plus souvent, on pratique une fumigation / extraction selon le protocole d'Amato et Ladd (1988). L'azote α -aminé contenu dans les micro-organismes du sol est dosé par colorimétrie avant et après incubation dans un milieu saturé en chloroforme (Fumigation). Cet azote α -aminé est extrait par une solution de KCl 1M.

* **Abondance des souches natives de *Rhizobium*** : Il s'agit de déterminer le nombre de cellules de *Rhizobium* naturellement présents dans les sols testés et qui sont capables de noduler différentes plantes hôtes (les espèces varieront en fonction des écosystèmes étudiés). La technique la plus classiquement utilisée est celle dite de MPN (Most Probable Number), pour laquelle on effectue une série de dilutions de chaque sol, et les solutions de sols ainsi obtenues. Après six semaines de culture, il suffit de compter pour chaque dilution le nombre de plantes nodulées et de les reporter sur des tables qui donneront le nombre de cellules bactériennes contenues dans l'échantillon de sol (Brockwell, 1980). Cette technique est peu précise mais nous renseigne assez bien sur la richesse d'un sol en différentes espèces de souches de *Rhizobium*.

* **Evaluation de la biomasse fongique totale** : La biomasse fongique peut être déterminée en utilisant différentes techniques : la microscopie directe, par une inhibition sélective de la respiration, et par une analyse des acides gras phospholipidiques (Ruzicka et al, 2000). Mais la technique la plus utilisée est celle qui consiste à extraire d'un sol la quantité d'ergosterol qui est directement proportionnelle à la biomasse fongique totale (Ruzicka et al, 2000, Salamanca et al, 2002). Comme pour la biomasse microbienne, c'est une valeur empirique qui est un bon indicateur. L'extraction se fait en utilisant de l'éthanol et la quantification nécessite une analyse par HPLC en phase inverse utilisant une colonne Sphèreclone, la chromatographie étant réalisée dans du méthanol à 100%.

* **Evaluation du potentiel endomycorhizien** : L'intérêt de cette mesure est qu'elle permet de connaître le nombre de propagules viables présentes dans le sol et aussi d'estimer la capacité du sol à induire une infection endomycorhizienne sur les racines des plantes testées. La méthode est assez équivalente à celle décrite pour le dénombrement des cellules de *Rhizobium*. Elle consiste à voir si ces sols contiennent ou pas des champignons endomycorhiziens capables d'infecter des plants cultivés et d'évaluer la taille de leurs populations. Pour cela, des séries de dilution au 10^6 sont faites en mélangeant du sol à analyser avec du sable de rivière stérilisé à l'autoclave à 120° pendant 20 minutes. La dilution sera conduite trois fois (jusqu'à 10^{-4}). Des plantes tests d'espèces présentes dans les écosystèmes étudiés sont semées dans les sachets. Pour obtenir une mesure relative de la réponse du plant à l'action des champignons natifs, la croissance des jeunes plants est mesurée et les racines de ces plants sont recueillies après une période de croissance de six semaines afin d'évaluer le taux de mycorhization déterminé selon la méthode décrite par Giovanetti et Mosse (1979). Par ailleurs le nombre de propagules viables est calculé au moyen du Nombre le plus Probable (Most Probable Number). Ce procédé permet d'estimer la densité de la population sans qu'il soit nécessaire d'effectuer de décompte individuel de cellules ou

de colonies. Le calcul de la valeur du MPN se fait à l'aide d'une table pour l'utilisation de dilution au 10^6 avec 5 pots par dilution (Alexander, 1965).

En déterminant ces différents paramètres, nous disposons des informations nécessaires pour quantifier les populations microbiennes et fongiques présentes dans les sols des écosystèmes étudiés. Nous connaissons également le pourcentage que représentent les microsymbiontes (*Rhizobium* et champignons mycorrhiziens) par rapport aux populations microbiennes et fongiques totales. Ainsi, il est possible d'estimer le potentiel infectif de ces sols et évaluer la nécessité ou non d'effectuer des inoculations pour essayer d'améliorer la production du système.

1.2 Diversité

On ne dispose pas des mêmes outils pour évaluer la diversité des bactéries et celle des champignons. Pour *les bactéries*, on sait que si la flore bactérienne est numériquement très importante dans les sols, seulement 1 % de cette flore est cultivable avec les techniques classiques de numération (culture sur milieu solide) ce qui ne permet pas de conclure sur les fonctions physiologiques et écologiques des micro-organismes. Les micro-plaques BIOLOG GN ont été développées à l'origine pour classer les bactéries selon leur habilité à oxyder 95 sources de carbone différentes. Avec l'apparition de la notion de CLPP (community-level physiological profiling), cette méthode a été rapidement adoptée pour caractériser le potentiel métabolique de communautés microbiennes hétérotrophes. Le principe de la technique BIOLOG repose sur des réactions de types oxydation et réduction. L'utilisation d'un substrat carboné par les bactéries est révélée par une coloration violette dans le puit : la respiration de la micro-flore entraîne la réduction du Tetrazolium, inclus conjointement à la source de carbone, et la formation d'un produit coloré : le Formazan. On évalue alors l'intensité de la coloration (donc l'importance de l'activité catabolique) par mesure de la Densité Optique dans chaque puit, à 590 nm.

L'analyse et la comparaison des données obtenues par BIOLOG s'effectuent par diverses méthodes statistiques. En 1991, Garland et Mills décrivent la notion d'AWCD (Average well color development) pour exprimer le niveau de réponse de coloration. Les plaques sont photographiées et les images numérisées puis traitées par le logiciel ERDAS. L'intensité de coloration des puits est alors convertie en niveau de gris allant de 160 pour une coloration faible à 30 pour une intensité maximale. Cependant la plupart des auteurs utilisent actuellement des mesures de densité optique plutôt que des valeurs de niveau de gris. Le calcul de l'AWCD de la plaque est alors calculé de la manière suivante :

$$AWCD = \Sigma(C - R)/95$$

C = D.O. d'un puit

R = D.O. du puit témoin (sans source de carbone)

Pour chaque puit de D.O. égale à C on calcule alors :

$$(C - R) / [\Sigma(C - R)/95]$$

Cette valeur varie dans un intervalle de 0 à 130, celui-ci est alors ramené de 0 à 4. Ainsi pour les valeurs inférieures à 1, la réponse de coloration est inférieure à l'AWCD et pour les valeurs supérieures à 1, la réponse est supérieure à l'AWCD. Pour étudier et comparer différents échantillons soumis à la technologie BIOLOG, la méthode la plus utilisée est celle de l'analyse des composantes principales avec l'aide notamment de logiciels spécifiques (SAS, SPSS, BDMP, S-Language...) De nombreux tests statistiques ont été

développés pour le traitement des données de BIOLOG, par exemple des méthodes alternatives aux analyses de variance multivariée (MANOVA).

En termes d'avantages et d'inconvénients, si les premières recherches menées avec la technologie BIOLOG étaient davantage centrées sur l'identification d'isolats bactériens, cette technique est actuellement très utilisée pour des communautés bactériennes provenant de différents environnements. La technologie BIOLOG présente donc l'avantage de caractériser, de manière simple et rapide, des communautés bactériennes hétérotrophes provenant d'environnements très variés. L'analyse des profils cataboliques permet également de distinguer différentes communautés bactériennes selon des paramètres temporels, spatiaux et physico-chimiques. Cependant des travaux de Smalla (1998) ont remis en cause l'efficacité de la méthode BIOLOG à caractériser l'ensemble de la flore bactérienne présente dans l'inoculum. Les auteurs ont étudié la diversité bactérienne dans la suspension et dans les puits de micro-plaques GN par DGGE et TGGE ou Denaturing ou Temperature Gradient Gel Electrophoresis. En suivant la dynamique de la population microbienne par comptages des cellules viables dans certains puits, ils ont mis en évidence une évolution de la structure de la communauté bactérienne au cours du temps. En effet selon le type de substrat considéré, certaines populations bactériennes plus compétitives que d'autres sont sélectionnées, elles se développent rapidement et deviennent prépondérantes au détriment d'autres populations pourtant aptes à utiliser le même substrat carboné. L'analyse DGGE montre que des populations bactériennes présentes dans l'inoculum ne sont pas détectées au niveau des puits du BIOLOG. Cela montre une des limites de cette technologie : les profils obtenus n'expriment pas forcément l'ensemble du potentiel fonctionnel de la communauté bactérienne présente dans un milieu. Enfin pour Garland (1997), la densité de bactéries inoculée dans la plaque est un paramètre sensible, les variations de densité dans les puits d'une même plaque peuvent en effet créer des biais dans l'analyse des données. La standardisation de la densité des inoculums serait alors un moyen d'éviter l'effet « densité » sur l'étude de diversité des CLPP.

L'autre approche envisageable pour *les bactéries* est le développement de techniques de biologie moléculaire. On en distingue deux catégories : ⁽¹⁾ celles qui sont basées sur l'étude de la totalité de l'information génétique de l'ADN extrait du sol ; ⁽²⁾ celles qui sont basées sur l'étude d'une fraction seulement de cette information en ciblant des séquences génomiques particulières que l'on amplifie par PCR (Polymerase Chain Reaction). Les séquences cibles les plus utilisées sont les gènes de l'opéron ribosomique avec notamment le gène 16S et l'intergène entre les gènes 16S et 23S (IGS). En plus des gènes de l'opéron ribosomique, d'autres gènes comme des gènes codant pour des fonctions spécifiques (gènes Nif, gènes Nod, gènes fix,... Parmi ces approches utilisant les séquences d'ADNr amplifiés d'échantillons de sol, on distingue :

- Celles qui permettent d'appréhender la diversité de la communauté en terme de nombre d'espèces différentes et abondance de ces espèces. Il s'agit du clonage de fragments obtenus par PCR, suivi d'une analyse des fragments de restriction et/ou de séquençage (Hugenholtz et al., 1998). La pertinence d'une telle approche réside dans l'identification d'une diversité microbienne inaccessible par les méthodes d'isolement de souches.

- Celles appelées « Fingerprints genetique » qui permettent d'obtenir une empreinte moléculaire de la communauté (**DGGE/ TGGE** ou Denaturing/Temperature Gradient Gel Electrophoresis (Smalla et al, 2001), **ARDRA** ou Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis, **RISA** ou Ribosomal Intergenic Spacer Analysis, **RAPD** ou Random Amplified Polymorphism DNA, **SSCP** ou Single Strand Conformation Polymorphism). Elles ont pour principe de résoudre la diversité des séquences amplifiées par une simple migration

électrophorétique différentielle selon leur taille (ARDRA, RISA, RAPD) ou leur séquence (DGGE, TGGE, SSCP)

- Celles qui s'adressent à une population homogène ou une culture pure de souches bactériennes pour la détection, l'identification, la classification et la phylogénie des bactéries (RFLP ou Restriction Fragment Length Polymorphism, hybridation avec des oligosondes, séquençage). Ces méthodes permettent l'obtention de fingerprints génétiques constitués chacun de profils de bandes complexes représentatifs de l'empreinte moléculaire des communautés bactériennes présentes dans le sol. Ces approches sont pertinentes pour aborder de façon comparative la structure des communautés microbiennes. Par contre, ces profils ne sont pas directement interprétables en termes de richesse et d'abondance spécifique des espèces car une même bande peut provenir de différentes espèces. C'est pourquoi ces profils sont le plus souvent comparés en terme de similarités (calcul d'indices de similarités tel que le coefficient de Jacquard) et les relations de similarités peuvent être représentées par des dendrogrammes.

Pour conclure sur ces aspects, on peut suggérer un protocole de base pour l'étude de la diversité microbienne d'un sol :

- * Extraction et purification de l'ADN du sol
- * Amplification d'une partie ou de la totalité des séquences de l'ADNr (16S et/ou 23S, ou la région de l'IGS) avec des amorces de spécificités correspondantes aux flux étudiés.
- * Soit on effectue le clonage des produits de la PCR des gènes ciblés et l'on construit une banques de clones représentatifs des produits de la PCR, suivi d'un séquençage partiel ou complet des clones obtenus
- * Soit on fait appel aux méthodes de « Fingerprinting » de l'ADNr afin d'avoir des profils caractéristiques des populations bactériennes présentes.

Pour les *champignons*, les travaux faisant appel à la biologie moléculaire sont plus récents. Il est possible d'utiliser certaines des techniques qui viennent d'être décrites pour les bactéries en utilisant des amorces spécifiques aux champignons. Ainsi Heuer et al. (1997) ont montré qu'il était possible d'étudier la dynamique de certaines populations d'actinomycètes en utilisant les techniques de DGGE et TGGE. Des résultats intéressants ont été obtenus sur l'étude de la diversité des communautés fongiques en utilisant la technique de SSCP (Smith et al, 1999 ; Borneman et Triplett, 2000).

2. Estimation des activités potentielles liées aux flux de C et de N

Les mesures d'activité potentielles (ammonification, nitrification, respiration) sont des mesures d'activités dans des conditions optimales (source d'énergie en excès, bonne température, humidité idéale). Elles nous renseignent sur la fonctionnalité des communautés microbiennes données, c'est à dire l'importance du pool enzymatique responsable des fonctions étudiées. L'intérêt supplémentaire de cette approche réside dans le fait qu'en cas de différence d'activité au niveau d'un sol étudié dans deux situations différentes (exemple d'une comparaison pour un même sol de l'effet d'apport ou non de substrats organiques sur une fonction donnée), cette différence reflèterait un changement profond et durable du métabolisme des microorganismes impliqués. Cependant, ces activités potentielles constituent des mesures indirectes de la fonctionnalité des communautés microbiennes. D'un point de vue pratique, le sol est incubé dans des flacons munis de septum en condition contrôlée à 100% de sa capacité de rétention pendant 6 jours à 30°C dans une étuve thermostatée. Le dégagement de CO₂ est mesuré tous les jours par injection directe dans un chromatographe en phase gazeuse (SRA Analytical instrument, MTI, CA, USA) équipé d'un détecteur à conductibilité

thermique (TCD). En fin d'incubation la biomasse microbienne est déterminée par fumigation extraction (Amato et Ladd, 1988) et l'ammonium et le nitrate déterminés par la méthode de Bremner (1965) par un analyseur en flux continu segmenté (Evolution II, Alliance Instruments, France).

3. Estimation des activités *in situ* liées à ces flux / minéralisation N *in situ*

3.1. Quantification des flux d'azote :

* **La fixation symbiotique de l'azote (abondance naturelle ^{15}N ou marquage ^{15}N).** La fixation symbiotique de l'azote sera quantifiée au travers de prélèvements de compartiments de biomasse (principalement feuilles mais également suivant les cas bois, écorce et/ou racines) réalisés sur les arbres des différents traitements (témoin et inoculés,...) afin d'y évaluer les teneurs foliaires en azote total et en ^{15}N . En effet, il est possible de quantifier le pouvoir fixateur d'azote d'une espèce à partir de ces échantillons dans lesquels on dose, à l'aide d'un spectromètre de masse, la quantité de ^{15}N naturellement présent qui nous permet de déterminer le pourcentage d'azote dérivé du N_2 atmosphérique (Ndfa%). La teneur dans les échantillons végétaux en azote total est généralement déterminée par la méthode de Kjeldhal décrite par Bremner et Mulvaney (1982), alors que le Ndfa% est déterminé, pour la méthode de l'abondance naturelle en isotope ^{15}N , suivant les équations suivantes (Amager et al., 1977 ; Bardin et al., 1977).

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{plante}} = [({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{plante}} - ({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{air}}] / ({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{air}}$$

et

$$\% \text{Ndfa} = 100 (\delta^{15}\text{N}_{\text{nf}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{f}}) / (\delta^{15}\text{N}_{\text{nf}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{a}}), \text{ avec :}$$

% Ndfa = pourcentage du N de la légumineuse provenant de l'air.

$\delta^{15}\text{N}_{\text{nf}}$ = $\delta^{15}\text{N}$ de la plante de référence non fixatrice ;

$\delta^{15}\text{N}_{\text{f}}$ = $\delta^{15}\text{N}$ mesuré au champ sur la plante fixatrice ;

$\delta^{15}\text{N}_{\text{a}}$ = $\delta^{15}\text{N}$ de la plante fixatrice nodulée hors de toute source de N minéral (cette valeur peut être considérée comme nulle si elle n'a pas été déterminée au préalable).

Par cette technique, il est possible de connaître la quantité d'azote atmosphérique fixé symbiotiquement par les légumineuses ligneuses présentes dans l'écosystème étudié et de déterminer le pourcentage d'azote qui sera restitué au sol par la litière.

* **Minéralisation (NO_3 et NH_4) :** L'azote organique contenu dans les sols et de provenance variée (litière, biomasse végétale et animale, substances humiques) est minéralisée par un grand nombre de microorganismes hétérotrophes du sol. On observe tout d'abord une ammonification qui correspond à la transformation de l'azote organique en ammonium (NH_4) et qui provient la plupart du temps de la décomposition des composés les plus facilement métabolisés (acides aminés, sucres aminés,...). Dans certaines conditions, on observe ensuite un phénomène de nitrification qui est un processus par lequel les microorganismes transforment l'azote minéral sous forme d'ammonium en nitrite et nitrate. La réaction se fait selon deux mécanismes : la nitrification qui correspond à l'oxydation de l'ammonium en nitrite et la nitratisation qui correspond à la transformation des nitrites en nitrates. Les bactéries nitrifiantes sont difficiles à caractériser car elles forment peu de biomasse et sont impossibles à étaler sur milieu solide. La technique MPN peut être utilisée pour les dénombrer mais des problèmes de sélections artefacts ont été décrits au cours de la longue incubation (12 à 15 semaines) par Hashimoto et Hattori (1987) et Both et al. (1990). Il est recommandé de faire appel à des méthodes moléculaires applicables grâce au fait que

toutes ces bactéries nitrifiantes appartiennent au même groupe phylogénétique et que les séquences communes au genre sont connues.

Une autre approche consiste à mesurer les activités *in situ* d'ammonification et de nitrification de l'azote dans le sol. Plusieurs techniques sont utilisables et ont été décrites par Alef (1995) comme la technique de Bremner (1965) qui est parmi celles les plus connues. L'ammonium et le nitrate sont quantifiés directement sur le sol prélevé au terrain après extraction par le KCl 1M. Une autre méthode, mise au point par Raison *et al* (1987), consiste à mesurer les quantités nettes de NO_3^- et NH_4^+ produites pendant une période donnée dans des tubes enfoncés dans le sol.

3.2 Quantification des flux de CO_2

Des mesures de respiration *in situ* du sol devront être effectuées, en séparant la respiration hétérotrophe et la respiration rhizosphérique (Epron *et al.*, 2004).

4. Caractérisation quantitative et qualitative des entrées de matière organique.

4.1 Caractérisation quantitative

Les mesures de chutes de litière devront être effectuées régulièrement (utilisation de bacs à litière) en distinguant leur origine. Le turn over racinaire devra être estimé en utilisant des dispositifs de 'carottes de recolonisation' ou des suivis de la croissance des racines fines sur rhizotrons

4.2 Caractérisation qualitative

La qualité biochimique des apports organiques sera déterminée par dosage des constituants pariétaux hydrosolubles, hémicelluloses, cellulose et lignine selon la méthode de Goering and Van Soest (1970). Les teneurs en C et N sont déterminés sur la litière total et les fractions pariétales par combustion (CHN).

Le carbone soluble est dosé colorimétriquement par la DCO (Demande Chimique en Oxygène) (Jirka & Carter, 1975)

Les composés phénoliques soluble à l'eau et insoluble sont déterminés par la méthode à la tyrosine (Kloster, 1974).


Les tanins précipitants sont dosés par colorimétrie après précipitation de l'albumine bovine (Hagerman & Butler, 1978).

Annexe 4



Research framework and strategy 2003-2007 - Scientific Annual Committee 2003

Présentation Power-Point

TSBFI-CIAT




Research framework and strategy 2003-2007

Scientific Annual Committee 2003

Outline

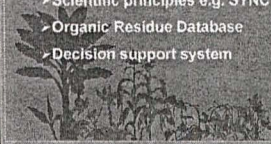
- Past achievements & Problems
- Strategy 2003-2007
- Implementation & Organization
- Vision



Achievements

1984-2000: Soil biology in maintaining soil fertility.

- Methodologies
- Scientific principles e.g. SYNCHRONY, SOM dynamics
- Organic Residue Database
- Decision support system



Criticisms of past research orientation

- Link good science with adaptive research
- Impact at farm level
- Capacity to manage and implement large holistic agricultural project



Retreat and Self evaluation

The need for this review arose from:

- ✓ External programme review of TSBF in 2000
- ✓ Strategic directions for TSBF for 2001-2005
- ✓ TSBF's merger with CIAT in 2001
- ✓ Panel of experts in Bellagio, Italy in 2002.
- ✓ Appointment of the new director in 2003.



Retreat's recommendations

- The review suggested no radical change to our programme.
- TSBF-CIAT is dedicated to translating scientific knowledge into practical land-management strategies
- Developing research products and principles for and in partnership with smallholder farmers.



Outline

- Past achievements & Problems
- Strategy 2008-2007
- Implementation & Organization
- Vision

Attacking Poverty Through Rural Innovation and Environmental Reconstruction New CIAT strategy

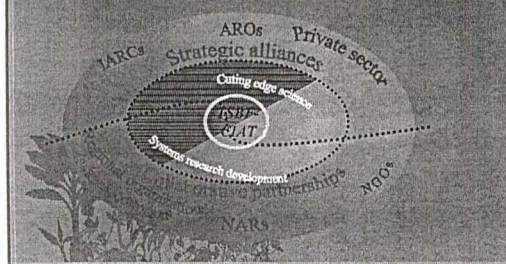
Focus on Soils/Resilient/marketable germplasm

- Land degradation and effect on farm productivity
- Interactions with climate change, water quality, C sequestration
- Limited returns to crop breeding in degraded soils.

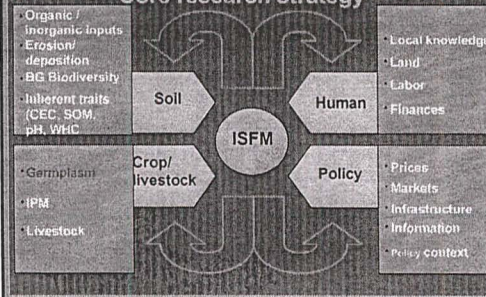
Restoring Degraded Lands to Social Productivity

Degradation	Strategy	R&D Tactics	CIAT Priority (% Effort)
Moderate	Reduction	Predictive analysis/Improved, adapted technologies	40
Severe	Reversal	New crop/NRM techn. and institutions	60

TSBF-CIAT R4D strategy



Core research strategy



Guiding principles

- ✓ Problem driven research, result/outcome orientated.
- ✓ Use the INRM or other approaches.
- ✓ Select the NRM entry points (Germplasm, water, soil nutrient deficiency) and link to production, market and policy.
- ✓ Scale up successful experience and use failure for research iteration.
- ✓ Efficient team work between and outside the Institute

Benchmark and pilot countries

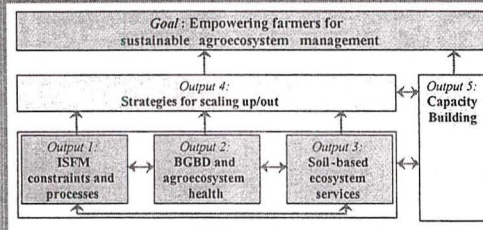
TSBF-CIAT will concentrate its strategic research work

- Kenya, Uganda and Zimbabwe in Africa
- Colombia, Honduras and Nicaragua in Latin America.
- Work in West Africa through AINet and Central America through MIS.
- Work in South Asia will be initiated and SARNet activities revived.

TSBF-CIAT will initiate or participate in development projects

- Promotion, production and marketing of promiscuous soybean in Kenya.
- Combating land degradation in Ethiopia.
- Livelihood projects in the DR Congo, Rwanda and Bolivia
- Quesungual intensification and development in Honduras, Nicaragua, El Salvador....

TSBF-CIAT logframe in 2002



TSBF Institute's

Research Outputs

World-wide Applications

		Agro-ecozone	Drylands (Sahel)	Savannas	Forest margins	Hillsides
		Sample farming system(s)	Crop – livestock	Cereal – legume	Root / tuber: banana	Agro-forestry
Strategic	1. Sustainable & profitable ISFM practices	Key constraint	Water, nutrient deficiency	Nutrient deficiency	Organic inputs, pests	Water / tillage
	2. Below ground biodiversity					
Applied	3. Ecosystem services	Sample products	Fertilizer micro-doses, improved manure mgt.	Grain legumes, Arable layer?	Legume cover crops, improved fallows?	Quesungual management
	4. Scaling up & out					
	5. Research & training capacity					

Key research strategic issues

- Fertilizer research
- Germplasm as entry point
- Below ground diversity research
- ISFM farm level social issues
- Moving from plot to landscape scale
- Decision tools as research components

New intensive cereal-legume systems

Cropping systems

- Rotation or relay-cropping with dual-purpose promiscuous soybean or Climbing beans and maize hybrid with high NUE

Key interventions

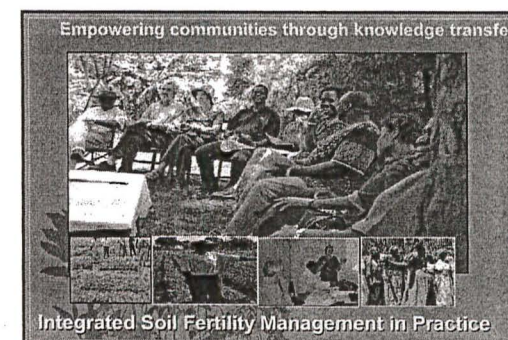
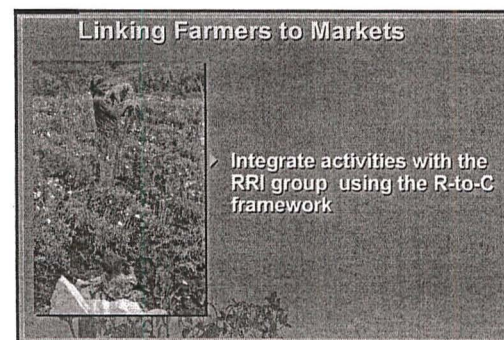
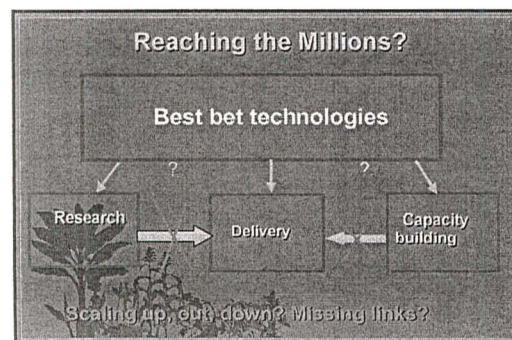
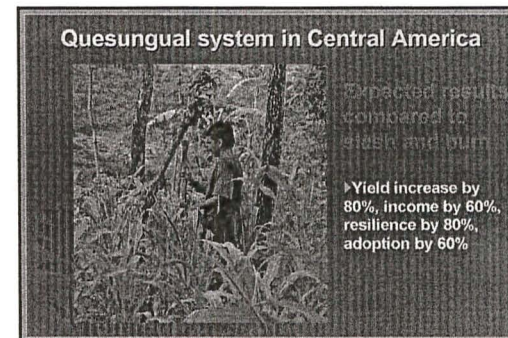
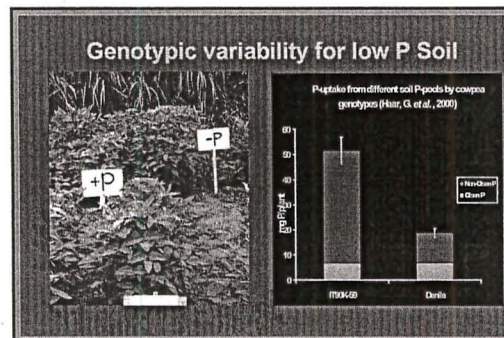
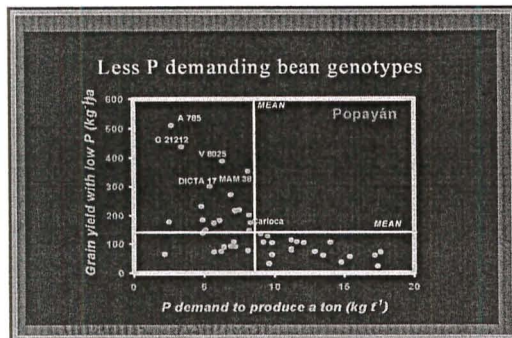
- Strategic fertilizer use
- Use of cultivars adapted to soil conditions.
- Better use of biological resources
- Integrated weed/striga management

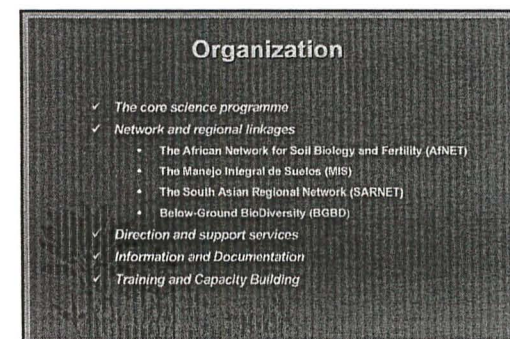
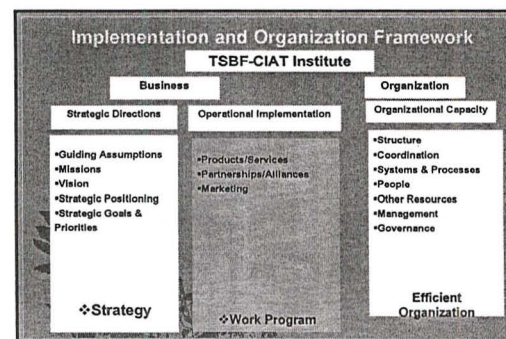
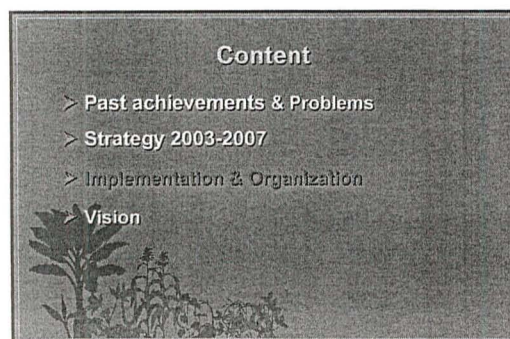
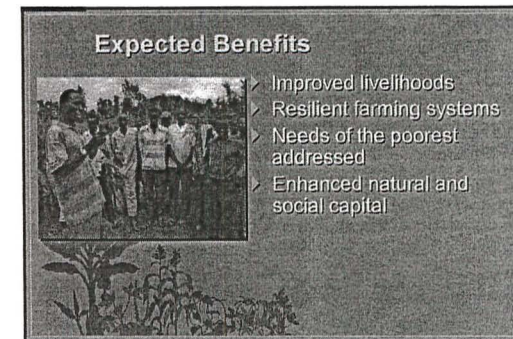
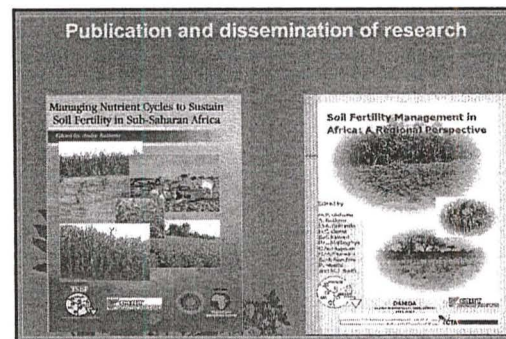
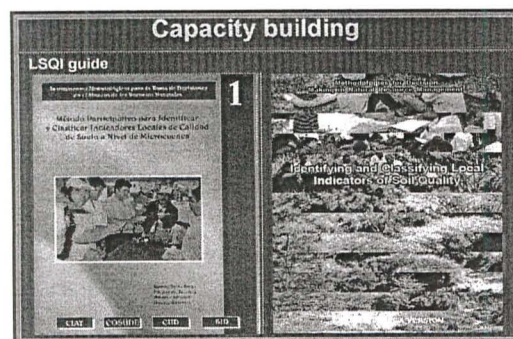
Expected results

- Yield increase by 75%, income by 50%, resilience by 25%, adoption by 60%

Soybeans and stress tolerant beans in Kenya







Core Science staff positions for 2003 – 2007

Integrated Soil Fertility Management (ISFM)

Soil Biota Management

Research Programme Director, Soil Fertility Management (IPSPM)
M. A. A. A.

Soil and water conservation

Ecosystem services specialist

Plant physiology/nutrition

Social Sciences Officer

AfNet Coordinator

MIS Coordinator

BBDD Coordinator System

Design and Management

Director

Director

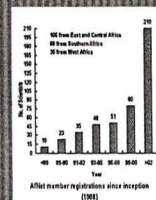
Director

Director

Director

AfNet re-structuring

- Strategic multidisciplinary teams
- Human capital development(IFS)
- Short-term specialized training
- Social science contributions within AfNet



Manejo Integral de Suelos (MIS) consortium Central America

- ✓ Dissemination of knowledge and information
- ✓ Strengthening linkages with AfNet
- ✓ Development of Concept Notes and proposals.

Cross-Regional activities

- ✓ Cross-method analysis of organic resource characterization.
- ✓ CIAT germplasm in Africa/integrate with IPSFM
- ✓ Arable layer concept dissemination through African Tillage Network
- ✓ Exchange of students between the two continents.



Increasing teamwork within CIAT

- Social science training (AfNet)/RRI
- Bean root-rot / soil fertility interaction
- Resource to consumption approach
- Spatial analysis/local knowledge/soil fertility

CGIAR activities

System wide and ecoregional programmes

- Alternatives to Slash-and-Burn Programme (ASB)
- African Highlands Initiative (AHI)
- Desert Margin Programme (DMP)

Challenge programme

- Water and food
- Sub-Saharan challenge programme

Soil funding strategy

- ▶ ISFM/Germplasm an Appropriate Funding Framework
- ▶ Fund across Strategic/Applied/Adaptive Research
- ▶ Strategic Funding : bilateral
- ▶ Traditional donors and private sectors
- ▶ Learn to compete, R&R strategy

TSBF-CIAT:Future look

1984-2000: TSBF acted as a council

2003- : Period of research implementation
and growth

Institute of excellence

